

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

3

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10222816 A

(43) Date of publication of application: 21.08.98

(51) Int. Cl

G11B 5/39

(21) Application number: 09023458

(71) Applicant: HITACHI LTD

(22) Date of filing: 06.02.97

(72) Inventor: TASAKA KENJI
TSUMITA NORIKAZU
FURUSAWA KENJI
TOKISUE HIROMITSU
SAIKI NORIYUKI

(54) THIN FILM MAGNETIC HEAD AND MAGNETIC DISK DEVICE

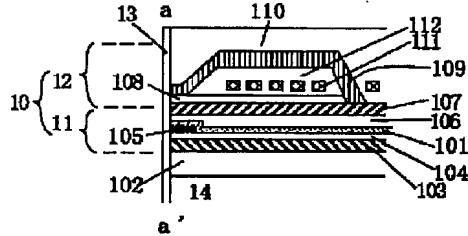
power is supplied is efficiently diffused and the reproduced output is increased.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the thermal asperity (TA), which is generated by the contact between a disk and a head, to efficiently radiate the heat generated by an MR element and to improve the reproduced output by selecting the non-magnetic insulating film having a high thermal diffusion rate as the constituting material of the head element and the disk protective film.

SOLUTION: In a thin film magnetic head element 10, hydrogen-containing amorphous carbon or vapor phase synthesized diamond are used for the material of non-insulating films 104 and 106 which are located adjacent to an MR element 105 so as to greatly reduce the TA generated by the contact with a disk 2. Also silicon carbide is used for a slider material 14. Moreover, insulating films 102; 104 and 106 among the slider, a bottom section shield film 103, the element 105 and a top section shield film 107, a gap insulating film 108 of an inductive type head 12 and an insulating film 110, which protects the entire head, are replaced by high thermal diffusion films. Thus, the heat generated by Joule heating of the element 105 while the



(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-222816

(43) 公開日 平成10年(1998)8月21日

(51) Int. C.I. 6

G 11 B 5/39

識別記号

F I

G 11 B 5/39

審査請求 未請求 請求項の数 8

O L

(全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-23458

(22) 出願日 平成9年(1997)2月6日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 田坂 健司

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 横田 則和

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 古澤 賢司

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地株式

会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

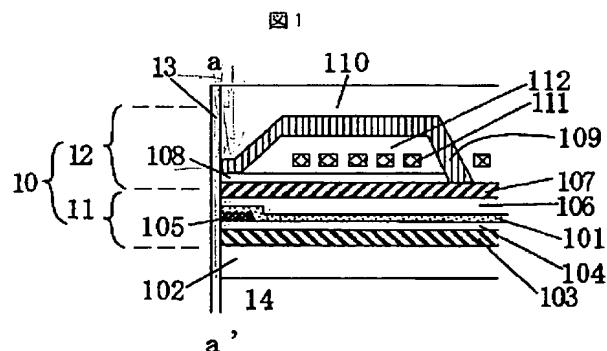
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】薄膜磁気ヘッド及び磁気ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】ディスクとヘッドが接触した際発生するTAを低減し、また、MRヘッドの再生出力を向上させる。

【解決手段】含水素非晶質炭素、気層合成ダイヤモンド、含珪素非晶質炭素、非晶質AIN、非晶質BeO等の熱拡散率の高い材料を、ヘッド素子の各非磁性絶縁膜やディスク保護膜に適用する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】読みとりに磁気抵抗効果型ヘッドを、書き込みに誘導型ヘッドを用いる磁気ヘッドにおいて、下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜、上記MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜として、含水素非晶質炭素、気相合成ダイヤモンド、含珪素非晶質炭素、非晶質AIN、非晶質BeOのうち少なくとも一つの材料を用いることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】読みとりにMRヘッドを、書き込みに誘導型ヘッドを用いる磁気ヘッドにおいて、下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜、上記MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜として含水素非晶質炭素を用いる際に、上記含水素非晶質炭素中の水素濃度が10～50atm%であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】読みとりにMRヘッドを、書き込みに誘導型ヘッドを用いる磁気ヘッドにおいて、下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜として含珪素非晶質炭素を用いる際に、上記含珪素非晶質炭素中の珪素濃度が10~70atm%であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】読みとりにMRヘッドを、書き込みに誘導型ヘッドを用いる磁気ヘッドの製造方法で、下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜として含水素非晶質炭素を用いる際に、スパッタリング法、化学蒸着法により形成した非晶質珪素あるいは非晶質炭化珪素の接着層を介して、上記含水素非晶質炭素を化学蒸着法、スパッタリング法等により形成する請求項2に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項5】読みとりにMRヘッドを、書き込みに誘導型ヘッドを用いる磁気ヘッドの製造方法であって、下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜として気相合成ダイヤモンドを用いる際に、スパッタリング法、化学蒸着法により形成した非晶質珪素あるいは非晶質炭化珪素の接着層を介して、上記気相合成ダイヤモンドを化学蒸着法により形成する請求項1に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項6】読みとりにMRヘッドを、書き込みに誘導型ヘッドを用いる磁気ヘッドの製造方法であって、下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜として含珪素非晶質炭素、非晶質AlN、非晶質BeOのいずれか一つの絶縁膜を用いる際に、上記絶縁膜をスパッタリング法により形成する請求項1に記載の薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項7】読みとりにMRヘッドを、書き込みに誘導型ヘッドを用いる磁気ディスク装置において、下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜、及びMR素子と上部シールド膜間の絶縁膜に含水素非晶質炭素、気相合成ダイヤモンド、含珪素非晶質炭素、非晶質AIN、非晶質BeOのうち少なくとも一つの材料を用い、且つディスク表面の保護膜として気相合成ダイヤモンド、含珪素非晶質

炭素、非晶質AlN、非晶質BeOのうち少なくとも一つの材料を用いることを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項8】読みとりにMRヘッドを、書き込みに誘導型ヘッドを用いる磁気ヘッドにおいて、ヘッドを支持するスライダの材料に炭化珪素を用い、且つスライダと下部シールド膜の間の絶縁膜、下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜、誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜、ヘッド全体を保護する絶縁膜として、含水素非晶質炭素、気相合成ダイヤモンド、含珪素非晶質炭素、非晶質AlN、非晶質BeOのうち少なくとも一つを用いることを特徴とする磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

[0001]

【発明の属する技術分野】本発明は薄膜磁気ヘッド及びその製造方法とに関する。

[0 0 0 2]

【従来の技術】図3はディスクとの対向面にレールを有する一般的な磁気ヘッドスライダの外観図である。薄膜磁気ヘッドの薄膜磁気変換素子10の拡大図が図1及び図2であり、図1は図3のa-a'部の断面図、また、図2は同じ部分をディスク対向面側から見た図である。これらの図で、ヘッド素子は読み取りにMRヘッドを、書き込みに誘導型ヘッドを有する一般的な複合ヘッドが示されている。図で14は薄膜磁気変換素子を支持するスライダであり、アルミニナチタンカーバイド、ジルコニア等が用いられる。102は下地の絶縁膜である。11はMRヘッドであり、下部シールド膜103、MR素子105、上部シールド膜(誘導型ヘッドにおける下部磁

30 性膜) 107、MR 素子に電流を流す電極 101、及び各層間にある絶縁膜 104、106 で構成される。12 は誘導型ヘッドであり、下部磁性膜 (MR ヘッドにおける上部シールド膜) 107、コイル膜 111、ギャップ絶縁膜 108、有機樹脂で構成された絶縁膜 112 で構成される。更に、薄膜磁気変換素子全体は、保護絶縁膜 110 によりおおわれている。下地絶縁膜 102、MR ヘッドの各層間絶縁膜 104、106 や誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜 108、保護絶縁膜 110 には通常酸化珪素やアルミナが使われている。図 4 は磁気ディスク装

40 置動作時の、ヘッドスライダ1とディスク2の位置関係を示した模式図である。通常、磁気ディスク2は、ニッケル燐膜を表面に形成したアルミニウム・マグネシウム合金円板15、コバルト合金膜等からなる磁性膜16、非晶質炭素膜等からなるディスク表面の保護膜17、そしてパーフルオロエーテル系潤滑膜18によって構成される。近年では、ヘッドスライダの磁気ディスク表面からの浮上隙間3は0.1μm以下になり、ヘッドスライダとディスクが動作時に衝突する頻度が増えてきた。この衝突によるヘッドクラッシュを防ぎ、また、腐食しやすいMR素子、シールド膜等の磁性膜を保護する目的

で、最近では、ヘッドスライダのディスク対向面に含水素非晶質炭素等からなる保護膜13が形成されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】MRヘッドとは、記録媒体からの磁界で生じるMR素子の電気抵抗変化を検知することで読み取りを行う磁気ヘッドであり、高記録密度化に必須の技術である。一方、高記録密度化に伴いヘッドスライダの浮上量が低くなってきたために、磁気ディスクとヘッドが接触する頻度が高くなっている。ディスクとヘッドが接触すると、サーマルアスペリティ（以下TAと略す）と呼ばれる現象が生じる。これは、接触の際に発生した摩擦熱によりMR素子の温度が上昇するために、抵抗が一瞬上昇し、読み取り信号が乱れるという現象である。この問題を解決する方法は、信号処理技術を用いて補償する方法（例えば、特開平6-28785号公報）があるが、補償できるTA強度に限界があり、本質的な解決策とは言えない。一方、TAそのもののを低減させる方法は、接触で生じた摩擦熱を逃がす工夫が有効であると考えられる。具体的には、例えばMR素子と接している非磁性絶縁膜に熱拡散率の大きな材料を採用することである。しかし、これまでには、電気絶縁性と熱伝導性を兼ね備え、且つプロセスの各工程に好適な材料は報告されていなかった。また、MR素子には動作時電流が流れているが、理論的には電流密度が大きいほど大きい感度が得られるはずである。しかし、MR素子に流れる電流が大きくなると、エレクトロマイグレーションによりMR素子の温度が上昇するため、逆に読み取りの感度が劣化し、また寿命も短くなるため、実際に流せる電流値には上限（これを通電耐量という）がある。通電耐量を向上させ、MR素子の感度を向上させるためにも、TA対策同様何らかの方法でMR素子に蓄積された熱を逃がす工夫が必要である。

【0004】

【課題を解決するための手段】TAは、MR素子がディスクと接触した際に発生する瞬間的な温度上昇に起因するため、MR素子近傍が熱を拡散しやすい構造であればよいと考えられる。本発明者等は、TAを解決する手段は、MR素子と隣接する非磁性絶縁膜の材料、形成方式等に関し種々の検討を行った。その結果、熱拡散率が従来のアルミナや酸化珪素の約5倍以上となるような材料を用いると、TAに大幅な改善が見られることがわかった。薄膜の熱拡散率はバルクのそれと違って絶対測定が難しいが、光交流法（例えば、Japanese Journal of Applied Physics. 30(1991)1295）により相対的な測定が可能である。種々の検討の結果、このような熱拡散率の高い材料は、含水素非晶質炭素、気相合成ダイヤモンド、含珪素非晶質炭素、非晶質AlN、非晶質BeO等がプロセス上好適であることがわかった。このように、MR素子と隣接する非磁性絶縁膜の材料の熱拡散率を大きくすることでTAが大幅減少する理由は、接触によって一

時的に生じた熱が、効率よく熱容量の大きいシールド膜に拡散していくためだと考えられる。

【0005】含水素非晶質炭素の形成方法には、スパッタリング法や化学蒸着法（Chemical Vapor Deposition：以下CVDと略す）がある。スパッタリング法では、グラファイトをターゲット材に用い、水素や炭化水素系ガスとアルゴンの混合ガス雰囲気下でマグネットロンスパッタリング、RFスパッタリング、DCスパッタリングのいずれかの方法で含水素非晶質炭素を形成できる。一方、化学蒸着法には、容量結合型プラズマや誘導結合型プラズマ、電子サイクロトロン共鳴（Electron Cyclotron Resonance：以下ECRと略す）を用いたプラズマCVD法や、イオンプレーティング等の成膜法がある。この際、原料にはメタン、エタン、エチレン、ベンゼン、トルエン等の炭化水素系原料が用いられる。どちらの手法を用いても、成膜条件をコントロールすることで、電気抵抗率や膜応力等を最適化できる。特に、膜中の水素濃度は電気抵抗率、硬度、耐燃焼性に影響を及ぼす重要なパラメータであり、10～50atm%の範囲で選ばれる。中でも好ましくは、20～40atm%である。これは、水素濃度が低すぎると絶縁性が低くなり、また、逆に高すぎると膜硬度が低下するためである。また、含水素非晶質炭素はシールド膜やMR膜との密着力に欠けるため、これらの膜との界面に接着層としてSi、炭化珪素等の膜をスパッタリング法等で形成する必要がある。この接着層の膜厚は、なるべく薄い方がよいが接着強度の点から1～10nmの範囲で選ばれる。

【0006】気相合成ダイヤモンドの形成方法には、水素で大量希釈した炭化水素系ガスを原料としたECR-CVD法等がある。気相合成ダイヤモンドの場合も、シールド膜やMR膜との界面に接着層はSi、炭化珪素等の膜をスパッタリング法等で形成する必要があり、その接着層の膜厚は、なるべく薄い方がよいが1～10nmの範囲で選ばれる。

【0007】含珪素非晶質炭素、非晶質AlN、非晶質BeOは、RFスパッタリング、RFマグネットロンスパッタリング、電子ビーム蒸着等で形成される。含珪素非晶質炭素は、珪素の含有量で熱拡散率、電気抵抗率をコントロールできるが、これはターゲット中の珪素の比率を変えることにより実現できる。形成された膜中の珪素含有量は、10～70atm%から選ばれ、中でも好ましくは20～60atm%である。これは珪素が多すぎると、絶縁性が低下し、また少なすぎると熱伝導性が悪くなるからである。非晶質AlN、非晶質BeOに関しては、アルゴンガス雰囲気下で、あるいはそれぞれ窒素、酸素を含むアルゴンガス雰囲気下でスパッタリング、電子ビーム蒸着等を行うことで熱拡散率の高い膜を形成できる。

【0008】また、本発明者等は、MR素子と隣接する非磁性絶縁膜として上述の熱拡散率の高い材料を用いた

時、ディスク表面の保護膜はどのような材料を用いれば好適であるか検討を行った。その結果、従来からディスク表面の保護膜として用いられている非晶質炭素より熱拡散率に優れる、気相合成ダイヤモンド、含珪素非晶質炭素、非晶質A1N、非晶質BeO等を用いることが有効であることがわかった。従って、TAを低減するためには、MR素子と隣接する非磁性絶縁膜は上述の熱拡散率の高い材料を用いることが有効であるが、それに加えて、ディスク表面の保護膜を従来の非晶質炭素より熱拡散率に優れる気相合成ダイヤモンド、含珪素非晶質炭素、非晶質A1N、非晶質BeO等の材料に変更することが非常に有効であることがわかった。

【0009】一方、MR素子の通電耐量を向上させるためには、TAのような瞬間的な温度上昇と違って定常的な温度上昇を抑える必要があると考えられる。そのためには、極力熱伝導のいい材料を用いてヘッドを作ることが重要である。本発明者等は、この問題に関して熱伝導率がアルミナチタンカーバイドの約10倍である炭化珪素をスライダ材に用い、且つスライダと下部シールド膜の間の絶縁膜、下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜、誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜、ヘッド全体を保護する絶縁膜等のヘッド素子を構成する全ての無機絶縁膜に含水素非晶質炭素、気相合成ダイヤモンド、含珪素非晶質炭素、非晶質A1N、非晶質BeO等の高熱伝導材料を用いることが非常に有効であることを見出した。これらの無機絶縁膜の形成手法は上述の方法と同じである。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明を更に具体的に説明する。

【0011】本発明は、図1、図2に示したヘッド構造で、MR素子105と隣接する非磁性絶縁膜104、106の材質を従来のアルミナ、酸化珪素から熱拡散率の高い材料に変えることによって、ディスク2との接触によって生じるTAを大幅に低減するものである。実際にこのような非磁性絶縁膜を用いたところ、ヘッド1とディスク2の接触時に生じるTAの強度は従来の2分の1から5分の1になり、複雑なプロセス変更を伴うことなく比較的簡単な材料変更でTAを大幅に減少できることがわかった。

【0012】また、スライダ材14に炭化珪素を用い、且つスライダと下部シールド膜の間の絶縁膜102、下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜104、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜106、誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜108、ヘッド全体を保護する絶縁膜110を熱拡散率の高い膜に変えることにより、通電時にMR素子のジュール加熱により発生する熱が効率よく拡散し、再生出力が増大することが確認された。

【0013】

その詳細を以下の実施例で説明する。

【0014】

<実施例1>図1、図2を用いて本発明の

一実施例を説明する。

- 【0015】スライダ14の材料はアルミナチタンカーバイドを用いた。まず、スパッタリングによりアルミナからなる非磁性絶縁膜102を6μm形成し、引き続きスパッタリング等による成膜とフォトリソグラフィ技術を用いたパターニングにより、NiFe等からなる下部シールド膜103を3μm所望の形状に形成した。その上にスパッタリングにより非晶質シリコン(図示せず)を5nm形成し、更に含水素非晶質炭素からなる非磁性絶縁膜104を、メタンガスを原料とした容量結合型プラズマCVD法を用いて180nm形成した。含水素非晶質炭素の形成方法として基板側に高周波を印加するカソードカップリング方式を用い、高周波電力120W、メタンガス流量8sccm、ガス圧10Paという条件で成膜を行った。この膜の水素濃度は、HFS(Hydrogen Forward Scattering)分析により、約33%であった。更に非晶質シリコン(図示せず)を5nm成膜した。引き続きNiFe等からなるMR素子105をスパッタリングにより形成し、20 フォトリソグラフィ技術を用いて所望の形状にパターニングを行った。更にハード磁性膜(図示せず)のパターンを形成した後、MR素子105にセンス電流を通電するために用いられる電極101のパターンを形成した。その上にスパッタリングにより非晶質炭化珪素(図示せず)を5nm形成し、含水素非晶質炭素からなる非磁性絶縁膜106を200nm形成した。この非磁性絶縁膜106は上記の非磁性絶縁膜104と同じ条件で形成した。更に、非晶質炭化珪素(図示せず)を5nm形成した後、NiFe等からなる上部シールド膜107をスパッタリングにより形成しフォトリソグラフィ技術を用いてパターニングを行った。更に、アルミナ等からなる非磁性絶縁膜108をスパッタリングにより500nm形成した。この絶縁膜は誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜である。続いてレジスト等からなる有機絶縁膜112、銅等からなるコイル111、有機絶縁膜112を順次形成する。次にNiFe等の磁性膜(図示せず)をスパッタリング等により200nm形成し、これをフォトリソグラフィ技術を用いて所望の形状にパターニングした後、その上にメッキにより3.μmの上部磁性膜1-0-9を形成した。最後にヘッド素子全体をおおう保護膜110としてアルミナ膜をスパッタリングにより形成する。この際の膜厚は50μmであった。
- 【0016】このようにして形成した薄膜磁気ヘッドを用いて、TA強度の評価を行った。図5はTA強度評価の概略図である。故意にTAを発生させるために、磁気ディスク2には、大きな突起を形成した。ディスクは以下の方法で作成した。まず、ニッケル燐膜をメッキ法により10μm形成した後研磨を行ったアルミニウム・マグネシウム合金円板15上に、クロム100nm、コバルト合金膜30nmからなる磁性膜16をスパッタリン

グにより形成した。続いてディスク表面に非晶質炭素膜をスパッタリングにより30nm形成し、これをフォトリソグラフィ技術を用いてエッチングすることで、直径5μm、高さ20nmの突起20を有する保護膜19を形成した。最後に、膜厚2nmのパーフルオロエーテル系潤滑膜を付着させた。本実施例の方法で作成したヘッドとディスクを用い、通常より浮上量を下げ、ヘッド素子と突起19との接触によりTAを故意に発生させる試験を行ったところ、TA強度は図6に示すように従来のヘッドの約2分の1に低下する。

【0017】<実施例2>本実施例では、実施例1で下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜104、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜106として用いた含水素非晶質炭素の代わりに、気相合成ダイヤモンドを用いた。この時、上記絶縁膜104、106の膜厚は、それぞれ180nm、200nmであった。

【0018】本実施例の方法で作製したヘッドとディスクを用い、通常より浮上量を下げTAを故意に発生させる試験を行ったところ、TA強度は従来のヘッドの約4分の1に低下する。

【0019】<実施例3>本実施例では、実施例1で下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜104、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜106として用いた含水素非晶質炭素の代わりに、含珪素非晶質炭素を用いた。ただし、含珪素非晶質炭素は磁性膜との密着性が非常にいいため、実施例1で含水素非晶質炭素の前後の工程で形成した非晶質シリコン、非晶質炭化珪素は、本実施例では不要である。以下に、含珪素非晶質炭素の形成方法を詳細に述べる。

【0020】ターゲット材に珪素と炭素のモル比が30対70である焼結体を用いて、RFマグネットロンスパッタリングにより絶縁膜104、106を形成した。成膜条件は、高周波電力500W、アルゴンガス流量30sccm、ガス圧1Paであった。この膜の珪素濃度は、RBS (Rutherford Backscattering Spectrometry) 分析により、約38atm%であった。また、絶縁膜104、106の膜厚は、それぞれ180nm、200nmであった。

【0021】本実施例の方法で作製したヘッドとディスクを用い、通常より浮上量を下げTAを故意に発生させる試験を行ったところ、TA強度は従来のヘッドの約3分の1に低下する。

【0022】<実施例4>本実施例では、実施例1で下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜104、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜106として用いた含水素非晶質炭素の代わりに、非晶質AINを用いた。以下に、非晶質AINの形成方法を詳細に述べる。

【0023】ターゲット材に、AINを用いて、RFマグネットロンスパッタリングにより絶縁膜104、106を形成した。成膜条件は、高周波電力1000W、アル

ゴンガス流量30sccm+窒素ガス流量5sccm、ガス圧1.3Paであった。また、絶縁膜104、106の膜厚は、それぞれ180nm、200nmであった。

【0024】本実施例の方法で作製したヘッドとディスクを用い、通常より浮上量を下げTAを故意に発生させる試験を行ったところ、TA強度は従来のヘッドの約3分の1に低下する。

【0025】<実施例5>本実施例では、実施例1で下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜104、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜106として用いた含水素非晶質炭素の代わりに、非晶質BeOを用いた。以下に、非晶質BeOの形成方法を詳細に述べる。

【0026】ターゲット材に、BeOを用いて、RFマグネットロンスパッタリングにより絶縁膜104、106を形成した。成膜条件は、高周波電力800W、アルゴンガス流量50sccm+酸素ガス流量5sccm、ガス圧1.3Paであった。また、絶縁膜104、106の膜厚は、それぞれ180nm、200nmであった。

【0027】本実施例の方法で作製したヘッドとディスクを用い、通常より浮上量を下げTAを故意に発生させる試験を行ったところ、TA強度は従来のヘッドの約3分の1に低下する。

【0028】<実施例6>本実施例では、実施例1で下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜104、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜106として用いた含水素非晶質炭素の代わりに、含珪素非晶質炭素を用い、且つ、ディスク保護膜としても、従来の非晶質炭素の代わりに含珪素非晶質炭素を用いた。含珪素非晶質炭素は異種材料との密着性が非常にいいため、実施例1で含水素非晶質炭素の前後の工程で形成した非晶質シリコン、非晶質炭化珪素は、本実施例では不要である。以下に、ヘッド、ディスクそれぞれに用いられた含珪素非晶質炭素の形成方法を詳細に述べる。

【0029】まず、ヘッド素子の場合、ターゲット材に珪素と炭素のモル比が30対70である焼結体を用いて、RFマグネットロンスパッタリングにより絶縁膜104、106を形成した。成膜条件は、高周波電力500W、アルゴンガス流量30sccm、ガス圧1Paであった。この膜の膜中珪素濃度は、RBS (Rutherford Backscattering Spectrometry) 分析により、約38atm%であった。また、上記絶縁膜104、106の膜厚は、それぞれ180nm、200nmであった。

【0030】また、ディスク保護膜形成の際には、ターゲット材に珪素と炭素のモル比が40対60である焼結体を用いて、RFマグネットロンスパッタリングにより上記絶縁膜104、106を形成した。成膜条件は、高周波電力500W、アルゴンガス流量30sccm、ガス圧1Paであった。この膜の珪素濃度は、RBS (Rutherford Backscattering Spectrometry) 分析により、約38atm%であった。

therford Backscattering Spectrometry) 分析により、約 49 atm% であった。実施例 1 同様、このディスク保護膜にもフォトリソグラフィ技術を用いて、直径 5 μm 、高さ 20 nm の突起を形成した。

【0031】本実施例の方法で作製したヘッドとディスクを用い、通常より浮上量を下げ TA を故意に発生させる試験を行ったところ、TA 強度は従来のヘッド、ディスクの組合せの場合の約 5 分の 1 に低下する。

【0032】＜実施例 7＞図 1、図 2 を用いて本発明の一実施例を説明する。

【0033】スライダ 14 の材料として炭化珪素を用いた。実施例 1 同様、スパッタリング、メッキ、フォトリソグラフィ等の薄膜プロセスを用いてヘッド材料を積層し、MR ヘッド 11 と誘導型ヘッド 12 からなるヘッド素子 10 を作製した。本実施例では、スライダと下部シールド膜の間の絶縁膜 102、下部シールド膜と MR 素子間の絶縁膜 104、MR 素子と上部シールド膜間の絶縁膜 106、誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜 108、ヘッド全体を保護する絶縁膜 110 に含水素非晶質炭素を用いた。以下に上記含水素非晶質炭素の具体的形成方法を示す。

【0034】グラファイトをターゲットとした RF スパッタリングにより含水素非晶質炭素を形成した。高周波電力 800 W、アルゴンガス流量 46 sccm + メタンガス流量 4 sccm、ガス圧 7 Pa という条件で成膜を行った。この膜の水素濃度は、HFS (Hydrogen Forward Scattering) 分析により、約 35 atm% であった。

【0035】含水素非晶質炭素は、それ自身接着性が低いので、前後の工程で接着層として非晶質炭化珪素を 4 nm 形成した。また、各層の膜厚は、スライダと下部シールド膜の間の絶縁膜 102 が 8 μm 、下部シールド膜と MR 素子間の絶縁膜 104 が 180 nm、MR 素子と上部シールド膜間の絶縁膜 106 が 200 nm、誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜 108 が 500 nm、ヘッド全体を保護する絶縁膜 110 が 45 μm であった。

【0036】このようにして形成した薄膜磁気ヘッドを用いて、ヘッド再生出力の評価を行った。その結果、図 7 に示すように再生出力のピークが高電流密度側にシフトし、且つピーク位置での再生出力が従来ヘッドの 1.5 倍に改善された。すなわち、MR 素子の放熱が効果的に行われるために、高い電流密度でも温度上昇による再生出力の低下が押さえられることが明らかになった。この際、従来のヘッドも本実施例のヘッドも、それぞれバイアス磁界の最適化を行うことによって、それぞれの出力波形が対称になるような条件で比較を行った。また、実施例 1 と同様、本実施例の方法で作成したヘッドと大きな突起を有するディスクを用い、通常より浮上量を下げ TA を故意に発生させる試験を行ったところ、TA 強

度は従来のヘッドの約 2 分の 1 に低下する。

【0037】＜実施例 8＞図 1、図 2 を用いて本発明の一実施例を説明する。

【0038】スライダ 14 の材料として炭化珪素を用いた。実施例 1 同様、スパッタリング、メッキ、フォトリソグラフィ等の薄膜プロセスを用いてヘッド材料を積層し、MR ヘッド 11 と誘導型ヘッド 12 からなるヘッド素子 10 を作製した。本実施例では、スライダと下部シールド膜の間の絶縁膜 102、下部シールド膜と MR 素子間の絶縁膜 104、MR 素子と上部シールド膜間の絶縁膜 106、誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜 108、ヘッド全体を保護する絶縁膜 110 に気相合成ダイヤモンドを用いた。

【0039】気相合成ダイヤモンドは、それ自身接着性が低いので、前後の工程で接着層として非晶質シリコンを 5 nm 形成した。また、各層の膜厚は、スライダと下部シールド膜の間の絶縁膜 102 が 2 μm 、下部シールド膜と MR 素子間の絶縁膜 104 が 180 nm、MR 素子と上部シールド膜間の絶縁膜 106 が 200 nm、誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜 108 が 500 nm、ヘッド全体を保護する絶縁膜 110 が 20 μm であった。

【0040】このようにして形成した薄膜磁気ヘッドを用いて、ヘッド再生出力の評価を行った。その結果、再生出力のピークが高電流密度側にシフトし、且つピーク位置での再生出力が従来ヘッドの 2 倍に改善された。また、実施例 1 と同様、本実施例の方法で作成したヘッドと大きな突起を有するディスクを用い、通常より浮上量を下げ TA を故意に発生させる試験を行ったところ、TA 強度は従来のヘッドの約 4 分の 1 に低下する。

【0041】＜実施例 9＞図 1、図 2 を用いて本発明の一実施例を説明する。

【0042】基板として炭化珪素を用いた。実施例 1 同様、スパッタリング、メッキ、フォトリソグラフィ等の薄膜プロセスを用いてヘッド材料を積層し、MR ヘッド 11 と誘導型ヘッド 12 からなるヘッド素子 10 を作製した。本実施例では、スライダと下部シールド膜の間の絶縁膜 102、下部シールド膜と MR 素子間の絶縁膜 104、MR 素子と上部シールド膜間の絶縁膜 106、誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜 108、ヘッド全体を保護する絶縁膜 110 に含珪素非晶質炭素を用いた。以下に上記含珪素非晶質炭素の具体的形成方法を示す。

【0043】ターゲット材に、珪素と炭素のモル比が 3.5 対 6.0 である焼結体を用いて、RF マグネットロンスパッタリングにより含珪素非晶質炭素を形成した。成膜条件は、高周波電力 500 W、アルゴンガス流量 30 sccm、ガス圧 1 Pa であった。この膜の珪素濃度は、RBS (Rutherford Backscattering Spectrometry) 分析により、約 44 atm% であった。各層の膜厚は、スライダと下部シールド膜の間の絶縁膜 102 が 5 μm 、下部シールド膜

とMR素子間の絶縁膜104が180nm、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜106が200nm、誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜108が450nm、ヘッド全体を保護する絶縁膜110が40μmであった。

【0044】このようにして形成した薄膜磁気ヘッドを用いて、ヘッド再生出力の評価を行った。その結果、再生出力のピークが高電流密度側にシフトし、且つピーク位置での再生出力が従来ヘッドの1.8倍に改善された。また、実施例1と同様、本実施例の方法で作成したヘッドと大きな突起を有するディスクを用い、通常より浮上量を下げTAを故意に発生させる試験を行ったところ、TA強度は従来のヘッドの約3分の1に低下する。

【0045】<実施例10>図1、図2を用いて本発明の一実施例を説明する。

【0046】スライダ14の材料として炭化珪素を用いた。実施例1同様、スペッタリング、メッキ、フォトリソグラフィ等の薄膜プロセスを用いてヘッド材料を積層し、MRヘッド11と誘導型ヘッド12からなるヘッド素子10を作製した。本実施例では、スライダと下部シールド膜の間の絶縁膜102、下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜104、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜106、誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜108、ヘッド全体を保護する絶縁膜110に非晶質AINを用いた。以下に上記非晶質AINの具体的形成方法を示す。

【0047】ターゲット材に、AINを用いて、RFマグネットロンスペッタリングにより非晶質AINを形成した。成膜条件は、高周波電力1000W、アルゴンガス流量30sccm+窒素ガス流量5sccm、ガス圧1.3Paであった。また、各層の膜厚は、スライダと下部シールド膜の間の絶縁膜102が5μm、下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜104が180nm、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜106が200nm、誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜108が500nm、ヘッド全体を保護する絶縁膜110が50μmであった。

【0048】このようにして形成した薄膜磁気ヘッドを用いて、ヘッド再生出力の評価を行った。その結果、再生出力のピークが高電流密度側にシフトし、且つピーク位置での再生出力が従来ヘッドの1.6倍に改善された。また、実施例1と同様、本実施例の方法で作成したヘッドと大きな突起を有するディスクを用い、通常より浮上量を下げTAを故意に発生させる試験を行ったところ、TA強度は従来のヘッドの約3分の1に低下する。

【0049】<実施例11>図1、図2を用いて本発明の一実施例を説明する。

【0050】スライダ14の材料として炭化珪素を用いた。実施例1同様、スペッタリング、メッキ、フォトリソグラフィ等の薄膜プロセスを用いてヘッド材料を積層し、MRヘッド11と誘導型ヘッド12からなるヘッド素子10を作製した。本実施例では、スライダと下部シールド膜の間の絶縁膜102、下部シールド膜とMR素

子間の絶縁膜104、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜106、誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜108、ヘッド全体を保護する絶縁膜110に非晶質BeOを用いた。以下に上記非晶質BeOの具体的形成方法を示す。

【0051】ターゲット材に、BeOを用いて、RFマグネットロンスペッタリングにより上記絶縁膜104、106を形成した。成膜条件は、高周波電力800W、アルゴンガス流量50sccm+酸素ガス流量5sccm、ガス圧1.3Paであった。また、各層の膜厚は、スライダと下部シールド膜の間の絶縁膜102が4μm、下部シールド膜とMR素子間の絶縁膜104が180nm、MR素子と上部シールド膜間の絶縁膜106が200nm、誘導型ヘッドのギャップ絶縁膜108が500nm、ヘッド全体を保護する絶縁膜110が40μmであった。

【0052】このようにして形成した薄膜磁気ヘッドを用いて、ヘッド再生出力の評価を行った。その結果、再生出力のピークが高電流密度側にシフトし、且つピーク位置での再生出力が従来ヘッドの1.6倍に改善された。また、実施例1と同様、本実施例の方法で作成したヘッドと大きな突起を有するディスクを用い、通常より浮上量を下げTAを故意に発生させる試験を行ったところ、TA強度は従来のヘッドの約3分の1に低下する。

【0053】
【発明の効果】本発明によれば、熱拡散率の高い非磁性絶縁膜をヘッド素子の構成材料や、ディスク保護膜として選択することにより、ディスクとヘッドが接触した際発生するTAを低減し、また、効率的にMR素子の放熱を行えるため再生出力を向上させることができる。

30 【図面の簡単な説明】

【図1】薄膜磁気ヘッド素子部の断面図。

【図2】薄膜磁気ヘッド素子部をディスク対向面から見た説明図。

【図3】薄膜磁気ヘッドスライダの斜視図。

【図4】磁気ディスク装置動作時のヘッドスライダとディスクの位置関係の説明図。

【図5】TA評価時のヘッドスライダとディスクの説明図。

【図6】従来のヘッドと本発明の一実施例のヘッドのTA強度の比較を示す特性図。

【図7】従来のヘッドと本発明の一実施例のヘッドの再生出力飽和点の比較を示す特性図。

【符号の説明】

10…薄膜磁気ヘッド素子

11…MRヘッド、

12…誘導型ヘッド、

13…ヘッドスライダ表面の保護膜、

101…電極、

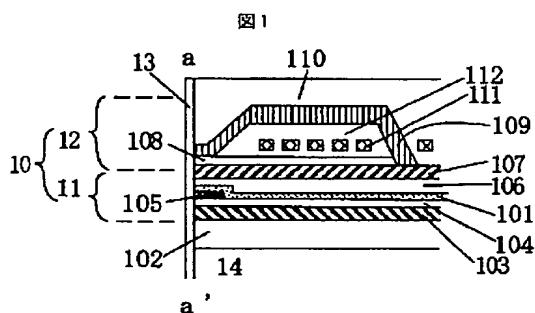
102…下地絶縁膜、

103…下部シールド膜、

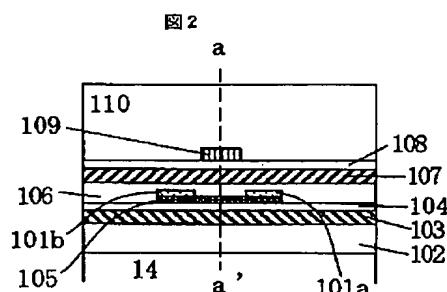
- 104…絶縁膜、
105…MR素子、
106…絶縁膜、
107…上部シールド膜、
108…誘導型素子のギャップ絶縁膜、

- 109…上部磁性膜、
110…保護絶縁膜、
111…コイル膜、
112…有機絶縁膜。

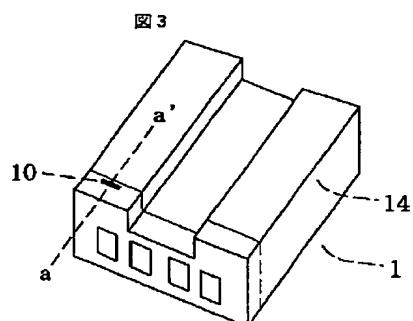
【図1】



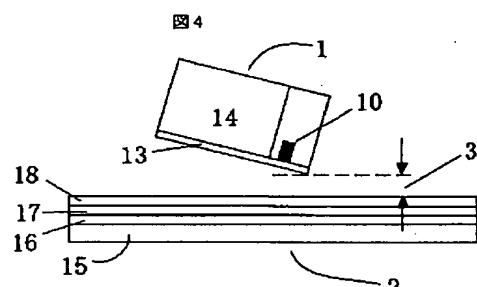
【図2】



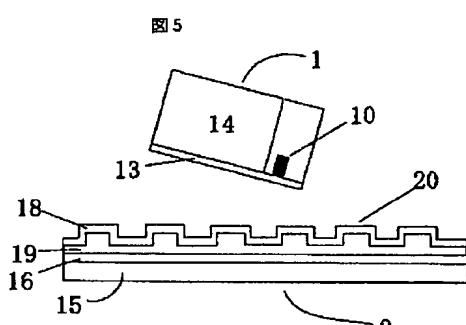
【図3】



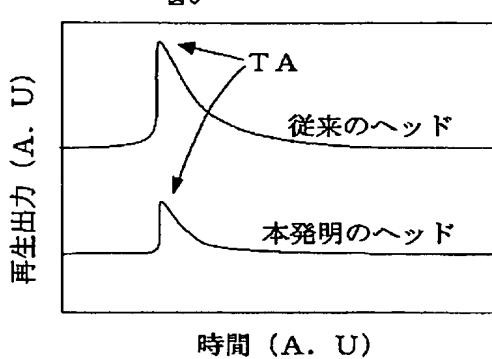
【図4】



【図5】

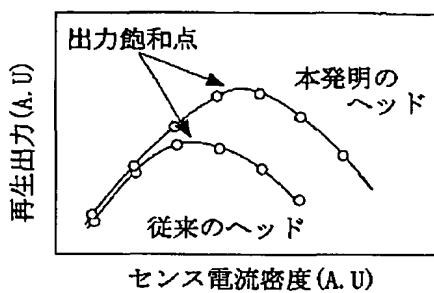


【図6】



【図7】

図7



) フロントページの続き

(72)発明者 時末 裕充

神奈川県小田原市国府津2880番地株式会社
日立製作所ストレージシステム事業部内

(72)発明者 斎木 教行

神奈川県小田原市国府津2880番地株式会社
日立製作所ストレージシステム事業部内

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-222816
 (43)Date of publication of application : 21.08.1998

(51)Int.CI. G11B 5/39

(21)Application number : 09-023458
 (22)Date of filing : 06.02.1997

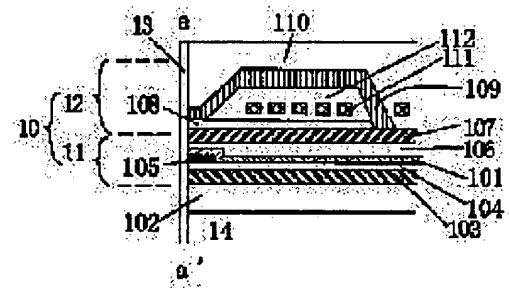
(71)Applicant : HITACHI LTD
 (72)Inventor : TASAKA KENJI
 TSUMITA NORIKAZU
 FURUSAWA KENJI
 TOKISUE HIROMITSU
 SAIKI NORIYUKI

(54) THIN FILM MAGNETIC HEAD AND MAGNETIC DISK DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce the thermal asperity (TA), which is generated by the contact between a disk and a head, to efficiently radiate the heat generated by an MR element and to improve the reproduced output by selecting the non-magnetic insulating film having a high thermal diffusion rate as the constituting material of the head element and the disk protective film.

SOLUTION: In a thin film magnetic head element 10, hydrogen-containing amorphous carbon or vapor phase synthesized diamond are used for the material of non-insulating films 104 and 106 which are located adjacent to an MR element 105 so as to greatly reduce the TA generated by the contact with a disk 2. Also silicon carbide is used for a slider material 14. Moreover, insulating films 102 ; 104 and 106 among the slider, a bottom section shield film 103, the element 105 and a top section shield film 107, a gap insulating film 108 of an inductive type head 12 and an insulating film 110, which protects the entire head, are replaced by high thermal diffusion films. Thus, the heat generated by Joule heating of the element 105 while the power is supplied is efficiently diffused and the reproduced output is increased.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The thin film magnetic head characterized by using at least one material among a hydrogen-containing amorphous carbon, a gaseous-phase synthetic diamond, a silicon-containing amorphous carbon, amorphous AlN, and an amorphous substance BeO in the magnetic head which uses a magnetoresistance-effect type head for a readout, and uses an induction-type head for writing as a lower shield film, the insulator layer between MR elements, and an insulator layer between the above-mentioned MR element and an up shield film.

[Claim 2] The thin film magnetic head characterized by the hydrogen concentration in the above-mentioned hydrogen-containing amorphous carbon being 10 - 50atm% in the magnetic head which uses an MR head for a readout and uses an induction-type head for writing in case a hydrogen-containing amorphous carbon is used as a lower shield film, the insulator layer between MR elements, and an insulator layer between the above-mentioned MR element and an up shield film.

[Claim 3] The thin film magnetic head characterized by the silicon concentration in the above-mentioned silicon-containing amorphous carbon being 10 - 70atm% in the magnetic head which uses an MR head for a readout and uses an induction-type head for writing in case a silicon-containing amorphous carbon is used as a lower shield film, the insulator layer between MR elements, and an insulator layer between MR element and an up shield film.

[Claim 4] The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 2 which forms the above-mentioned hydrogen-containing amorphous carbon by the chemical vapor deposition, the sputtering method, etc. through the glue line of the amorphous silicon formed by the sputtering method and the chemical vapor deposition, or an amorphous silicon carbide by the manufacture method of the magnetic head of using an MR head for a readout and using an induction-type head for writing in case a hydrogen-containing amorphous carbon is used as a lower shield film, the insulator layer between MR elements, and an insulator layer between MR element and an up shield film.

[Claim 5] The manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 1 which is the manufacture method of the magnetic head of using an MR head for a readout and using an induction-type head for writing, and forms the above-mentioned gaseous-phase synthetic diamond by the chemical vapor deposition through the glue line of the amorphous silicon formed by the sputtering method and the chemical vapor deposition, or an amorphous silicon carbide in case a gaseous-phase synthetic diamond is used as a lower shield film, the insulator layer between MR elements, and an insulator layer between MR element and an up shield film.

[Claim 6] the manufacture method of the magnetic head of using an MR head for a readout and using an induction-type head for writing -- it is -- as a lower shield film, the insulator layer between MR elements, and the insulator layer between MR element and an up shield film -- a silicon-containing amorphous carbon -- amorphous [AlN / amorphous- / and] -- the manufacture method of the thin film magnetic head according to claim 1 which forms the above-mentioned insulator layer by the sputtering method in case any one insulator layer of the BeO is used

[Claim 7] In the magnetic disk unit which uses an MR head for a readout and uses an induction-type head for writing To a lower shield film, the insulator layer between MR elements, and the insulator layer between MR element and an up shield film, a hydrogen-containing amorphous carbon, At least one material is used among a gaseous-phase synthetic diamond, a silicon-containing amorphous carbon, amorphous AlN, and an amorphous substance BeO. And the magnetic disk unit characterized by using at least one material as a protective coat on the front face of a disk among a gaseous-phase synthetic diamond, a silicon-containing amorphous carbon, amorphous AlN, and an amorphous substance BeO.

[Claim 8] In the magnetic head which uses an MR head for a readout and uses an induction-type head for writing A silicon carbide is used for the material of the slider which supports a head. And the insulator layer between a slider and a lower shield film, As an insulator layer which protects a lower shield film, the insulator layer between MR elements, the insulator layer between MR element and an up shield film, the gap insulator layer of an induction-type head, and

the whole head. The magnetic head characterized by using at least one of a hydrogen-containing amorphous carbon, a gaseous-phase synthetic diamond, a silicon-containing amorphous carbon, amorphous AlN, and amorphous substances BeO.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the thin film magnetic head and its manufacture method.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 3 is an external view of a general magnetic-head slider which has a rail in an opposed face with a disk. The enlarged views of the thin film MAG sensing element 10 of the thin film magnetic head are drawing 1 and drawing 2, and drawing 1 is the cross section of the a-a' section of drawing 3, and drawing which looked at the portion with the same drawing 2 from the disk opposed face side. The general combined head to which a head element has an MR head in reading, and has an induction-type head in writing is shown by these drawings.

Drawing, 14 is a slider which supports a thin film MAG sensing element, and an alumina titanium carbide, a zirconia, etc. are used. 102 is the insulator layer of a ground. 11 is an MR head and consists of the lower shield film 103, the MR element 105, an up shield film (lower magnetic film in an induction-type head) 107, an electrode 101 that passes current for MR element, and insulator layers 104 and 106 between each class. 12 is an induction-type head and consists of the lower magnetic film (up shield film in an MR head) 107, a coil film 111, a gap insulator layer 108, and an insulator layer 112 that consisted of organic resins. Furthermore, the whole thin film MAG sensing element is covered by the protection insulator layer 110. Oxidation silicon and the alumina are usually used for the ground insulator layer 102, the insulator layers 104 and 106 between each class of an MR head and the gap insulator layer 108 of an induction-type head, and the protection insulator layer 110. Drawing 4 is the ** type view having shown the physical relationship of the head slider 1 and disk 2 at the time of magnetic-disk-unit operation. Usually, a magnetic disk 2 is constituted by the protective coat 17 on the front face of a disk which consists of a magnetic film 16 which consists of an aluminum-magnesium-alloy disk 15 in which nickel **** was formed on the front face, a cobalt alloy film, etc., an amorphous-carbon film, etc., and perfluoro ether system lubricating film 18. In recent years, the surfacing crevice 3 from the magnetic-disk front face of a head slider is set to 0.1 micrometers or less, and its frequency with which a head slider and a disk collide at the time of operation has increased. Recently, the protective coat 13 which becomes the disk opposed face of a head slider from a hydrogen-containing amorphous carbon etc. is formed in order to protect magnetic films which prevent the head crash by this collision, and are easy to corrode, such as MR element and a shield film.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] An MR head is the magnetic head which reads by detecting electric resistance change of MR element produced in the magnetic field from a record medium, and is technology indispensable to a raise in recording density. On the other hand, since the flying height of a head slider is becoming low with a raise in recording density, the frequency which a magnetic disk and a head contact is becoming high. Contact of a disk and a head produces the phenomenon called thermal asperity (it omits Following TA). Since the temperature of MR element rises with the frictional heat generated on the occasion of contact, this is the phenomenon in which resistance goes up for a moment and a reading signal is confused. Although the method of solving this problem has the method (for example, JP,6-28785,A) of compensating using signal-processing technology, a limitation is in TA intensity which can be compensated and it cannot be called essential solution. On the other hand, it is thought that the method of reducing the TA itself has the effective device which misses the frictional heat produced in contact. It is specifically adopting material with a big thermal diffusivity as the nonmagnetic insulator layer which is in contact with MR element. However, electric insulation and thermal conductivity were combined and a suitable material for each process of a process was not reported until now. Moreover, although current is flowing for MR element at the time of operation, such large sensitivity should be obtained that current density is theoretically large. However, if the current which flows for MR element becomes large, since the sensitivity of reading will deteriorate conversely since

the temperature of MR element rises by electromigration and a life will also become short, there is an upper limit (this is called energization tolerance dose) in the current value which can actually be passed. In order to raise the energization tolerance dose and to raise the sensitivity of MR element, the device which misses the heat accumulated by a certain method as well as the cure against TA at MR element is required.

[0004]

[Means for Solving the Problem] It is thought that TA should just be the structure of tending to diffuse heat near the MR element since it originates in the momentary temperature rise generated when MR element contacts a disk. A means by which this invention person etc. solved TA performed various examination about the material of the nonmagnetic insulator layer which adjoins MR element, the formation method, etc. Consequently, when material from which a thermal diffusivity becomes about 5 or more times of the conventional alumina or oxidization silicon was used, it turns out that an extensive improvement is found by TA. Although absolute measurement is difficult for the thermal diffusivity of a thin film unlike it of bulk, relative measurement is possible by the optical alternating current anodizing process (for example, Japanese Journal of Applied Physics.30 (1991) 1295). The material with such a high thermal diffusivity was understood that a hydrogen-containing amorphous carbon, a gaseous-phase synthetic diamond, a silicon-containing amorphous carbon, amorphous AlN, an amorphous substance BeO, etc. are suitable on a process as a result of various examination. Thus, it is thought that the reason TA carries out sharp reduction of the thermal diffusivity of the material of the nonmagnetic insulator layer which adjoins MR element by enlarging is because the heat temporarily produced by contact is spread on the efficient large shield film of heat capacity.

[0005] There are the sputtering method and a chemical vapor deposition (it omits below ChemicalVapor Deposition: CVD) in the formation method of a hydrogen-containing amorphous carbon. By the sputtering method, graphite is used for target material and a hydrogen-containing amorphous carbon can be formed by the method of magnetron sputtering, RF sputtering, or DC sputtering under the mixed-gas atmosphere of hydrogen, or a hydrocarbon system gas and an argon. On the other hand, there are a plasma CVD method which used capacity-coupling type plasma, inductive-coupling type plasma, and the electron cyclotron resonance (it omits below Electron Cyclotron Resonance: efficient consumer response), and the forming-membranes methods, such as ion plating, in a chemical vapor deposition. Under the present circumstances, hydrocarbon system raw materials, such as methane, ethane, ethylene, benzene, and toluene, are used for a raw material. Whichever it uses the technique, electrical resistivity, membrane stress, etc. can be optimized in controlling membrane formation conditions. Especially the hydrogen concentration in a film is an important parameter which affects electrical resistivity, a degree of hardness, and flammability-proof, and is chosen in 10 - 50atm%. It is 20 - 40atm% preferably especially. When insulation will become low if hydrogen concentration is too low, and this is too high conversely, it is for a film degree of hardness to fall. Moreover, since a hydrogen-containing amorphous carbon lacks in the adhesion force with a shield film or MR film, it needs to form films, such as Si and a silicon carbide, in an interface with these films by the sputtering method etc. as a glue line. Although the thickness of this glue line has as thin the good one as possible, it is chosen from the point of a bond strength in 1-10nm.

[0006] There is efficient consumer response-CVD which used as the raw material the hydrocarbon system gas which carried out extensive dilution from hydrogen in the formation method of a gaseous-phase synthetic diamond. Also in a gaseous-phase synthetic diamond, a glue line needs to form films, such as Si and a silicon carbide, by the sputtering method etc. at an interface with a shield film or MR film, and although the thickness of the glue line has as thin the good one as possible, it is chosen in the range which is 1-10nm.

[0007] A silicon-containing amorphous carbon, amorphous AlN, and an amorphous substance BeO are formed by RF sputtering, RF magnetron sputtering, electron beam evaporation, etc. Although a silicon-containing amorphous carbon can control a thermal diffusivity and electrical resistivity by the content of silicon, this is realizable by changing the ratio of the silicon in a target. The silicon content in the formed film is chosen from 10 - 70atm%, and is 20 - 60atm% preferably especially. This is because thermal conductivity will become bad if insulation falls and it is too few if there is too much silicon. About amorphous AlN and an amorphous substance BeO, a film with a high thermal diffusivity can be formed by performing sputtering, electron beam evaporation, etc. under argon gas atmosphere or the argon gas atmosphere which contains nitrogen and oxygen, respectively.

[0008] Moreover, when this invention person etc. used material with an above-mentioned thermal diffusivity high as a nonmagnetic insulator layer which adjoins MR element, when using what material, the protective coat on the front face of a disk is suitable, or inquired. Consequently, it turns out that it is effective to use the gaseous-phase synthetic diamond which excels the amorphous carbon used as a protective coat on the front face of a disk from the former in a thermal diffusivity, a silicon-containing amorphous carbon, amorphous AlN, an amorphous substance BeO, etc. therefore -- although it is effective to use material with an above-mentioned high thermal diffusivity as for the nonmagnetic insulator layer which adjoins MR element in order to reduce TA -- it -- in addition, the gaseous-phase

synthetic diamond which excels the conventional amorphous carbon in a thermal diffusivity in the protective coat on the front face of a disk and a silicon-containing amorphous carbon -- amorphous [AlN / amorphous- / and] -- it turns out that changing into material, such as BeO, is very effective

[0009] On the other hand, in order to raise the energization tolerance dose of MR element, it is thought that it is necessary to stop a steady temperature rise unlike a momentary temperature rise like TA. For that purpose, it is important to make a head using a good material of heat conduction as much as possible. this invention person etc. uses for slider material the silicon carbide whose thermal conductivity is about 10 times the alumina titanium carbide about this problem. And the insulator layer between a slider and a lower shield film, a lower shield film and the insulator layer between MR elements, The insulator layer between MR element and an up shield film, the gap insulator layer of an induction-type head, It found out that it was very effective to use high temperature conduction material, such as a hydrogen-containing amorphous carbon, a gaseous-phase synthetic diamond, a silicon-containing amorphous carbon, amorphous AlN, and an amorphous substance BeO, for all the inorganic insulator layers that constitute head elements, such as an insulator layer which protects the whole head. The formation technique of these inorganic insulator layers is the same as an above-mentioned method.

[0010]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, this invention is explained still more concretely using a drawing.

[0011] this invention is the head structure shown in drawing 1 and drawing 2, and reduces sharply TA produced by contact on a disk 2 by changing into material with a high thermal diffusivity the quality of the material of the nonmagnetic insulator layers 104 and 106 which adjoin the MR element 105 from the conventional alumina and oxidization silicon. It turns out by comparatively easy material change that TA can be decreased sharply, without the intensity of TA produced at the time of contact of a head 1 and a disk 2 having dropped to 1/5 from 1/2 over the past, and being accompanied by complicated process change, when such [actually] a nonmagnetic insulator layer was used.

[0012] Moreover, it was checked by changing into a film with a high thermal diffusivity the insulator layer 110 which uses a silicon carbide for the slider material 14, and protects the insulator layer 102 between a slider and a lower shield film, a lower shield film and the insulator layer 104 between MR elements, the insulator layer 106 between MR element and an up shield film, the gap insulator layer 108 of an induction-type head, and the whole head that the heat generated by the Joule heating of MR element is spread efficiently, and a reproduction output increases at the time

[0013] The following examples explain the detail.

[0014] One example of this invention is explained using <example 1> drawing 1 and drawing 2.

[0015] The material of a slider 14 used the alumina titanium carbide. First, 6 micrometers of nonmagnetic insulator layers 102 which consist of an alumina by sputtering were formed, and the lower shield film 103 which consists of NiFe etc. was successingly formed in the configuration of 3-micrometer request by patterning using the membrane formation and photolithography technology by sputtering etc. 5nm (not shown) of amorphous silicon was formed by sputtering on it, and 180nm of nonmagnetic insulator layers 104 which consist of a hydrogen-containing amorphous carbon further was formed using the capacity-coupling type plasma CVD method which used methane as the raw material. Membranes were formed using the cathode distributor-shaft-coupling method which impresses a RF to a substrate side as the formation method of a hydrogen-containing amorphous carbon on the conditions of RF power 120W, methane flow rate 8sccm, and 10Pa of gas pressure. The hydrogen concentration of this film was about 33% by HFS (Hydrogen Forward Scattering) analysis. Furthermore, 5nm (not shown) of amorphous silicon was formed. The MR element 105 which consists of NiFe etc. successingly was formed by sputtering, and patterning was carried out to the desired configuration using photolithography technology. Furthermore, after forming the pattern of a hard magnetic film (not shown), the pattern of an electrode 101 used in order to energize sense current for the MR element 105 was formed. 5nm (not shown) of amorphous silicon carbides was formed by sputtering on it, and 200nm of nonmagnetic insulator layers 106 which consist of a hydrogen-containing amorphous carbon was formed. This nonmagnetic insulator layer 106 was formed on the same conditions as the above-mentioned nonmagnetic insulator layer 104.

Furthermore, after forming 5nm (not shown) of amorphous silicon carbides, the up shield film 107 which consists of NiFe etc. was formed by sputtering, and patterning was performed using photolithography technology. Furthermore, 500nm of nonmagnetic insulator layers 108 which consist of an alumina etc. was formed by sputtering. This insulator layer is a gap insulator layer of an induction-type head. Then, the coil 111 which consists of an organic compound insulator 112 which consists of a resist etc., copper, etc., and an organic compound insulator 112 are formed one by one. next, 200nm (not shown) of magnetic films, such as NiFe, was formed by sputtering etc., and patterning of this was carried out to the desired configuration using photolithography technology -- the 3-micrometer up magnetic film 109 was formed by plating on it the back An alumina film is formed by sputtering as a protective coat 110 which finally covers the whole head element. The thickness in this case was 50 micrometers.

[0016] Thus, TA intensity was evaluated using the formed thin film magnetic head. Drawing 5 is the schematic diagram of TA on-the-strength evaluation. The big salient was formed in the magnetic disk 2 in order to generate TA intentionally. The disk was created by the following methods. First, the magnetic film 16 which consists of chromium 100nm and 30nm of cobalt alloy films was formed by sputtering on the aluminum-magnesium-alloy disk 15 which ground after forming 10 micrometers of nickel **** with plating. then, 30nm of amorphous-carbon films is formed in a disk front face by sputtering, and it has the salient 20 with a diameter [of 5 micrometers], and a height of 20nm by *****ing this using photolithography technology -- the protective coat 19 was formed Perfluoro ether system lubricating film of 2nm of thickness was made to adhere finally. The flying height is lowered from usual using the head and disk which were created by the method of this example, and when the examination which generates TA intentionally by contact to a head element and salient 19 is performed, TA intensity falls to about 1/2 of the conventional head, as shown in drawing 6.

[0017] In the <example 2> this example, the gaseous-phase synthetic diamond was used instead of the hydrogen-containing amorphous carbon used in the example 1 as a lower shield film, the insulator layer 104 between MR elements, and an insulator layer 106 between MR element and an up shield film. At this time, the thickness of the above-mentioned insulator layers 104 and 106 was 180nm and 200nm, respectively.

[0018] When the examination which the flying height is lowered [examination] and generates TA intentionally from usual is performed using the head and disk which were produced by the method of this example, TA intensity falls to about 1/4 of the conventional head.

[0019] In the <example 3> this example, the silicon-containing amorphous carbon was used instead of the hydrogen-containing amorphous carbon used in the example 1 as a lower shield film, the insulator layer 104 between MR elements, and an insulator layer 106 between MR element and an up shield film. However, since a silicon-containing amorphous carbon has very good adhesion with a magnetic film, the amorphous silicon and the amorphous silicon carbide which were formed at the process before and behind a hydrogen-containing amorphous carbon by the example 1 are unnecessary in this example. Below, the formation method of a silicon-containing amorphous carbon is described in detail.

[0020] The mole ratio of silicon and carbon formed insulator layers 104 and 106 in target material by RF magnetron sputtering using the sintered compact which is 30 to 70. Membrane formation conditions were RF power 500W, argon quantity-of-gas-flow 30sccm, and 1Pa of gas pressure. The silicon concentration of this film was about 38 atm(s)% by RBS (Rutherford Backscattering Spectrometry) analysis. Moreover, the thickness of insulator layers 104 and 106 was 180nm and 200nm, respectively.

[0021] When the examination which the flying height is lowered [examination] and generates TA intentionally from usual is performed using the head and disk which were produced by the method of this example, TA intensity falls to about 1/3 of the conventional head.

[0022] In the <example 4> this example, the amorphous substance AlN was used instead of the hydrogen-containing amorphous carbon used in the example 1 as a lower shield film, the insulator layer 104 between MR elements, and an insulator layer 106 between MR element and an up shield film. Below, the formation method of an amorphous substance AlN is described in detail.

[0023] AlN was used for target material and insulator layers 104 and 106 were formed in it by RF magnetron sputtering. Membrane formation conditions were RF power 1000W, argon quantity-of-gas-flow 30sccm+ nitrogen gas flow rate 5sccm, and 1.3Pa of gas pressure. Moreover, the thickness of insulator layers 104 and 106 was 180nm and 200nm, respectively.

[0024] When the examination which the flying height is lowered [examination] and generates TA intentionally from usual is performed using the head and disk which were produced by the method of this example, TA intensity falls to about 1/3 of the conventional head.

[0025] In the <example 5> this example, the amorphous substance BeO was used instead of the hydrogen-containing amorphous carbon used in the example 1 as a lower shield film, the insulator layer 104 between MR elements, and an insulator layer 106 between MR element and an up shield film. Below, the formation method of an amorphous substance BeO is described in detail.

[0026] BeO was used for target material and insulator layers 104 and 106 were formed in it by RF magnetron sputtering. Membrane formation conditions were RF power 800W, argon quantity-of-gas-flow 50sccm+ oxygen gas flow rate 5sccm, and 1.3Pa of gas pressure. Moreover, the thickness of insulator layers 104 and 106 was 180nm and 200nm, respectively.

[0027] When the examination which the flying height is lowered [examination] and generates TA intentionally from usual is performed using the head and disk which were produced by the method of this example, TA intensity falls to about 1/3 of the conventional head.

[0028] In the <example 6> this example, instead of the hydrogen-containing amorphous carbon used in the example 1 as a lower shield film, the insulator layer 104 between MR elements, and an insulator layer 106 between MR element and an up shield film, the silicon-containing amorphous carbon was used and the silicon-containing amorphous carbon was used instead of the conventional amorphous carbon also as a disk protective coat. Since a silicon-containing amorphous carbon has very good adhesion with a dissimilar material, the amorphous silicon and the amorphous silicon carbide which were formed at the process before and behind a hydrogen-containing amorphous carbon by the example 1 are unnecessary in this example. Below, the formation method of a head and the silicon-containing amorphous carbon used for each disk is described in detail.

[0029] First, in the case of the head element, the mole ratio of silicon and carbon formed insulator layers 104 and 106 in target material by RF magnetron sputtering using the sintered compact which is 30 to 70. Membrane formation conditions were RF power 500W, argon quantity-of-gas-flow 30sccm, and 1Pa of gas pressure. The silicon concentration in a film of this film was about 38 atm(s)% by RBS (Rutherford Backscattering Spectrometry) analysis. Moreover, the thickness of the above-mentioned insulator layers 104 and 106 was 180nm and 200nm, respectively.

[0030] Moreover, on the occasion of disk protective coat formation, the mole ratio of silicon and carbon formed the above-mentioned insulator layers 104 and 106 in target material by RF magnetron sputtering using the sintered compact which is 40 to 60. Membrane formation conditions were RF power 500W, argon quantity-of-gas-flow 30sccm, and 1Pa of gas pressure. The silicon concentration of this film was about 49 atm(s)% by RBS (Rutherford Backscattering Spectrometry) analysis. Like the example 1, photolithography technology was used also for this disk protective coat, and the salient with a diameter [of 5 micrometers] and a height of 20nm was formed.

[0031] When the examination which the flying height is lowered [examination] and generates TA intentionally from usual is performed using the head and disk which were produced by the method of this example, TA intensity falls to about 1/5 in the case of the conventional head and the combination of a disk.

[0032] One example of this invention is explained using <example 7> drawing 1 and drawing 2.

[0033] The silicon carbide was used as a material of a slider 14. Like the example 1, the laminating of the head material was carried out using thin film processes, such as sputtering, plating, and a photolithography, and the head element 10 which consists of MR head 11 and an induction-type head 12 was produced. The hydrogen-containing amorphous carbon was used for the insulator layer 102 between a slider and a lower shield film, a lower shield film and the insulator layer 104 between MR elements, the insulator layer 106 between MR element and an up shield film, the gap insulator layer 108 of an induction-type head, and the insulator layer 110 that protects the whole head in this example. The concrete formation method of the above-mentioned hydrogen-containing amorphous carbon is shown below.

[0034] The hydrogen-containing amorphous carbon was formed by RF sputtering which used graphite as the target. Membranes were formed on the conditions of RF power 800W, argon quantity-of-gas-flow 46sccm+ methane flow rate 4sccm, and 7Pa of gas pressure. The hydrogen concentration of this film was about 35 atm(s)% by HFS (Hydrogen Forward Scattering) analysis.

[0035] In itself, an adhesive property is a low and the hydrogen-containing amorphous carbon formed 4nm of amorphous silicon carbides as a glue line at the process of order. Moreover, the insulator layer 110 from which, as for the thickness of each class, the gap insulator layer 108 of 200nm and an induction-type head protects [the insulator layer 102 between a slider and a lower shield film / 8 micrometers a lower shield film, and the insulator layer 104 between MR elements / the insulator layer 106 between 180nm, MR element, and an up shield film] 500nm and the whole head was 45 micrometers.

[0036] Thus, the head reproduction output was evaluated using the formed thin film magnetic head. Consequently, as shown in drawing 7, the peak of a reproduction output shifted to the high current density side, and the reproduction output in a peak position has been improved 1.5 times of a head conventionally. That is, since thermolysis of MR element was performed effectively, it became clear that the fall of the reproduction output by the temperature rise is pressed down also with high current density. Under the present circumstances, the conventional head also compared on conditions to which each output wave becomes symmetrical, when the head of this example also optimized a bias magnetic field, respectively. Moreover, when the examination which the flying height is lowered [examination] and generates TA intentionally from usual like an example 1 using the head created by the method of this example and the disk which has a big salient is performed, TA intensity falls to about 1/2 of the conventional head.

[0037] One example of this invention is explained using <example 8> drawing 1 and drawing 2.

[0038] The silicon carbide was used as a material of a slider 14. Like the example 1, the laminating of the head material was carried out using thin film processes, such as sputtering, plating, and a photolithography, and the head element 10 which consists of MR head 11 and an induction-type head 12 was produced. The gaseous-phase synthetic diamond was used for the insulator layer 102 between a slider and a lower shield film, a lower shield film and the

insulator layer 104 between MR elements, the insulator layer 106 between MR element and an up shield film, the gap insulator layer 108 of an induction-type head, and the insulator layer 110 that protects the whole head in this example. [0039] In itself, an adhesive property is a low and the gaseous-phase synthetic diamond formed 5nm of amorphous silicon as a glue line at the process of order. Moreover, the insulator layer 110 from which, as for the thickness of each class, the gap insulator layer 108 of 200nm and an induction-type head protects [the insulator layer 102 between a slider and a lower shield film / 2 micrometers a lower shield film, and the insulator layer 104 between MR elements / the insulator layer 106 between 180nm, MR element, and an up shield film] 500nm and the whole head was 20 micrometers.

[0040] Thus, the head reproduction output was evaluated using the formed thin film magnetic head. Consequently, the peak of a reproduction output shifted to the high current density side, and the reproduction output in a peak position has been conventionally improved by the double precision of a head. Moreover, when the examination which the flying height is lowered [examination] and generates TA intentionally from usual like an example 1 using the head created by the method of this example and the disk which has a big salient is performed, TA intensity falls to about 1/4 of the conventional head.

[0041] One example of this invention is explained using <example 9> drawing 1 and drawing 2.

[0042] The silicon carbide was used as a substrate. Like the example 1, the laminating of the head material was carried out using thin film processes, such as sputtering, plating, and a photolithography, and the head element 10 which consists of MR head 11 and an induction-type head 12 was produced. The silicon-containing amorphous carbon was used for the insulator layer 102 between a slider and a lower shield film, a lower shield film and the insulator layer 104 between MR elements, the insulator layer 106 between MR element and an up shield film, the gap insulator layer 108 of an induction-type head, and the insulator layer 110 that protects the whole head in this example. The concrete formation method of the above-mentioned silicon-containing amorphous carbon is shown below.

[0043] The mole ratio of silicon and carbon formed the silicon-containing amorphous carbon in target material by RF magnetron sputtering using the sintered compact which is 35 to 60. Membrane formation conditions were RF power 500W, argon quantity-of-gas-flow 30sccm, and 1Pa of gas pressure. The silicon concentration of this film was about 44 atm(s)% by RBS (Rutherford Backscattering Spectrometry) analysis. The insulator layer 110 from which, as for the thickness of each class, the gap insulator layer 108 of 200nm and an induction-type head protects [the insulator layer 102 between a slider and a lower shield film / 5 micrometers, a lower shield film, and the insulator layer 104 between MR elements / the insulator layer 106 between 180nm MR element, and an up shield film] 450nm and the whole head was 40 micrometers.

[0044] Thus, the head reproduction output was evaluated using the formed thin film magnetic head. Consequently, the peak of a reproduction output shifted to the high current density side, and the reproduction output in a peak position has been improved 1.8 times of a head conventionally. Moreover, when the examination which the flying height is lowered [examination] and generates TA intentionally from usual like an example 1 using the head created by the method of this example and the disk which has a big salient is performed, TA intensity falls to about 1/3 of the conventional head.

[0045] One example of this invention is explained using <example 10> drawing 1 and drawing 2.

[0046] The silicon carbide was used as a material of a slider 14. Like the example 1, the laminating of the head material was carried out using thin film processes, such as sputtering, plating, and a photolithography, and the head element 10 which consists of MR head 11 and an induction-type head 12 was produced. The amorphous substance AlN was used for the insulator layer 102 between a slider and a lower shield film, a lower shield film and the insulator layer 104 between MR elements, the insulator layer 106 between MR element and an up shield film, the gap insulator layer 108 of an induction-type head, and the insulator layer 110 that protects the whole head in this example. The concrete formation method of the above-mentioned amorphous substance AlN is shown below.

[0047] AlN was used for target material and the amorphous substance AlN was formed in it by RF magnetron sputtering. Membrane formation conditions were RF power 1000W, argon quantity-of-gas-flow 30sccm+ nitrogen gas flow rate 5sccm, and 1.3Pa of gas pressure. Moreover, the insulator layer 110 from which, as for the thickness of each class, the gap insulator layer 108 of 200nm and an induction-type head protects [the insulator layer 102 between a slider and a lower shield film / 5 micrometers a lower shield film, and the insulator layer 104 between MR elements / the insulator layer 106 between 180nm, MR element, and an up shield film] 500nm and the whole head was 50 micrometers.

[0048] Thus, the head reproduction output was evaluated using the formed thin film magnetic head. Consequently, the peak of a reproduction output shifted to the high current density side, and the reproduction output in a peak position has been improved 1.6 times of a head conventionally. Moreover, when the examination which the flying height is lowered [examination] and generates TA intentionally from usual like an example 1 using the head created by the

method of this example and the disk which has a big salient is performed, TA intensity falls to about 1/3 of the conventional head.

[0049] One example of this invention is explained using <example 11> drawing 1 and drawing 2 .

[0050] The silicon carbide was used as a material of a slider 14. Like the example 1, the laminating of the head material was carried out using thin film processes, such as sputtering, plating, and a photolithography, and the head element 10 which consists of MR head 11 and an induction-type head 12 was produced. The amorphous substance BeO was used for the insulator layer 102 between a slider and a lower shield film, a lower shield film and the insulator layer 104 between MR elements, the insulator layer 106 between MR element and an up shield film, the gap insulator layer 108 of an induction-type head, and the insulator layer 110 that protects the whole head in this example. The concrete formation method of the above-mentioned amorphous substance BeO is shown below.

[0051] BeO was used for target material and the above-mentioned insulator layers 104 and 106 were formed in it by RF magnetron sputtering. Membrane formation conditions were RF power 800W, argon quantity-of-gas-flow 50sccm+ oxygen gas flow rate 5sccm, and 1.3Pa of gas pressure. Moreover, the insulator layer 110 from which, as for the thickness of each class, the gap insulator layer 108 of 200nm and an induction-type head protects [the insulator layer 102 between a slider and a lower shield film / 4 micrometers a lower shield film, and the insulator layer 104 between MR elements / the insulator layer 106 between 180nm, MR element, and an up shield film] 500nm and the whole head was 40 micrometers.

[0052] Thus, the head reproduction output was evaluated using the formed thin film magnetic head. Consequently, the peak of a reproduction output shifted to the high current dense side, and the reproduction output in a peak position has been improved 1.6 times of a head conventionally. Moreover, when the examination which the flying height is lowered [examination] and generates TA intentionally from usual like an example 1 using the head created by the method of this example and the disk which has a big salient is performed, TA intensity falls to about 1/3 of the conventional head.

[0053]

[Effect of the Invention] According to this invention, by choosing a nonmagnetic insulator layer with a high thermal diffusivity as the component and disk protective coat of a head element, since TA generated when a disk and a head contact is reduced and heat can be efficiently radiated in MR element, a reproduction output can be raised.

[Translation done.]

* NOTICES *

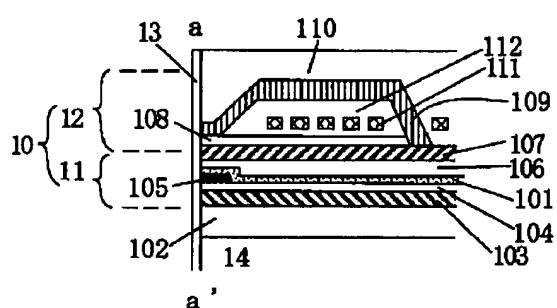
Japan Patent Office is not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

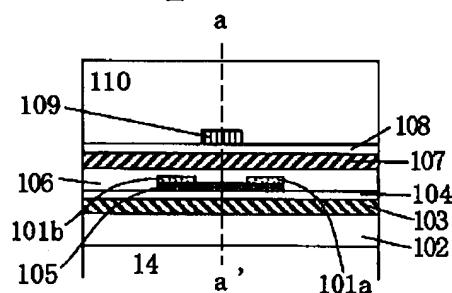
[Drawing 1]

図1



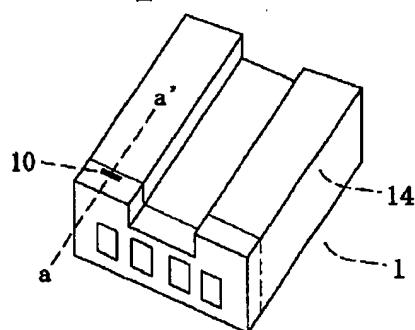
[Drawing 2]

図2

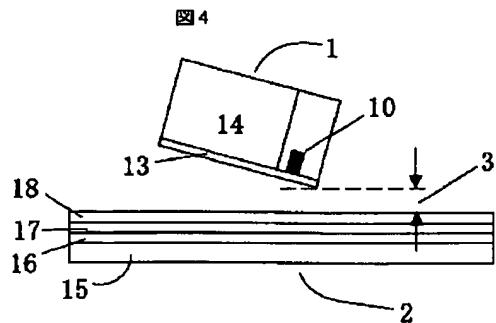


[Drawing 3]

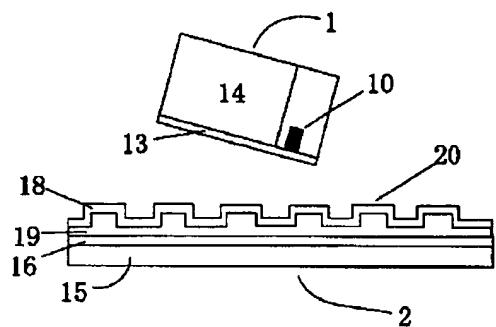
図3



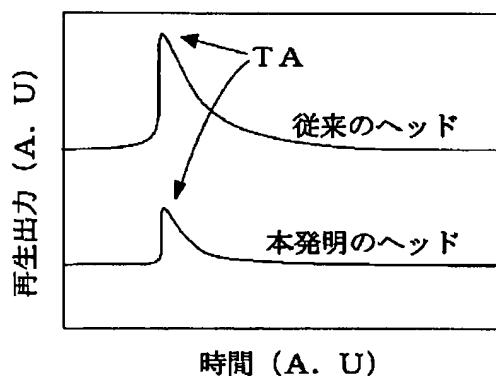
[Drawing 4]



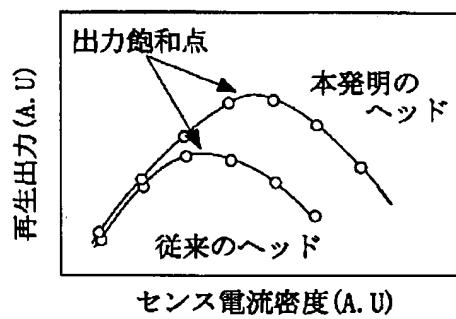
[Drawing 5] 図5



[Drawing 6] 図6



[Drawing 7] 図7



[Translation done.]